

# **Ziele, Aufgaben und Konzepte der Produktionsprogrammplanung**

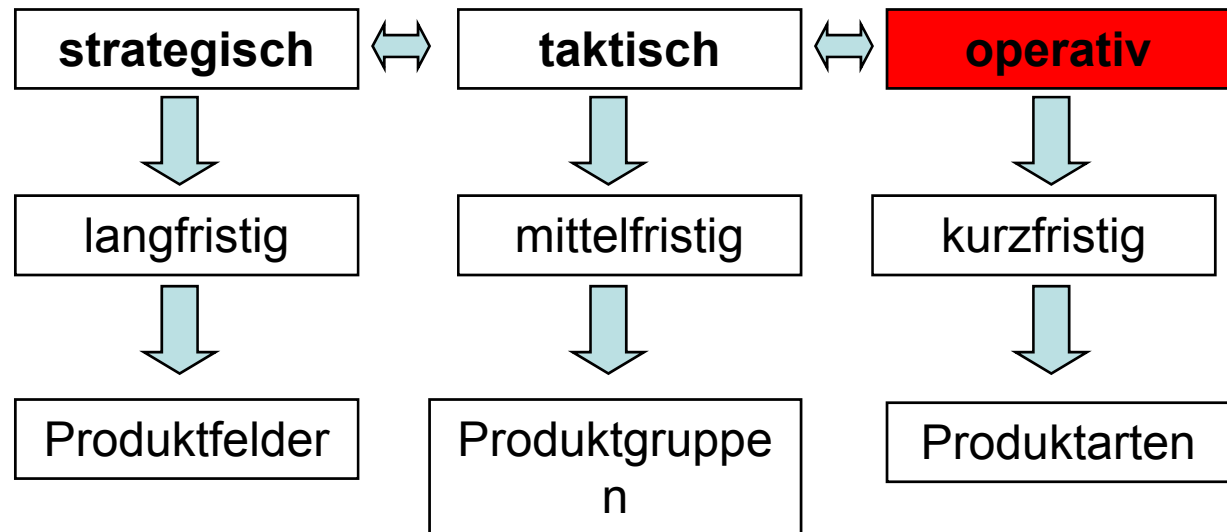
**Seminarvortrag zum Seminar  
- Industriebetriebslehre III -**



## Die Vorgehensweise.

- 1. Einführung**
- 2. Grundmodell der Programmplanung**
- 3. Kapazitierte Produktionsprogrammplanung**
- 4. Produktionsprogrammplanung in der Praxis**
- 5. Fazit**

## Einführung – Abgrenzung der Begriffe



**Gegenstand der Produktionsprogrammplanung** ist die zielorientierte Festlegung, welche **Produkte** in welchen **Mengen** unter Einsatz welcher **Verfahren bzw. Technologien** in einem **bestimmten Planungszeitraum** herzustellen sind.

## Kunden- und marktorientierte Programmbildung

### marktorientiert

- Basiert auf Schätzungen des Absatzes
- Geeignet für standardisierte Produkte
- **Vorteile:** kurze Lieferzeiten, Gleichmäßigkeit der Produktion, Produktionsprozess ist wirtschaftlicher
- **Nachteile:** Prognoseprobleme, da Produktionsentscheidungen weit im Voraus getroffen werden müssen

### kundenauftragsorientiert

- Basiert auf den bereits eingegangenen Kundenaufträgen
- Geeignet für spezialisierte, individualisierte Produkte
- **Vorteil:** Minimierung des Risikos der Schätzung
- **Nachteil:** Diskrepanz zwischen Einhaltung von Lieferfristen und Wirtschaftlichkeit der Produktion

## Produktionsprogrammplanung im Konzept des PPS-Systems



## Grundmodell der PPP

### Lineare Produktionsprogrammplanung: (Grundmodell mit Kapazitätsengpässen)

(1) Maximiere Deckungsbeitrag      $Z = \sum d_j x_j$

unter den *Restriktionen* (Nebenbedingungen):

(2)  $\sum a_{sj} x_j \leq b_s$  ,  $s = 1, \dots, S$

(3)  $x_j \leq h_j$  ,  $j = 1, 2, \dots, n$

(4)  $x_j \geq u_j$  ,  $j = 1, 2, \dots, n$

und der *Nichtnegativitätsbedingung*:

$$x_j \geq 0$$

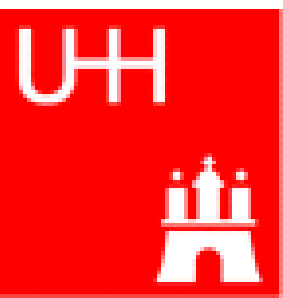
Lösung über:

- grafische Lösung (2 Variablen)
- mit Hilfe des Simplex-Algorithmus (> 2 Variablen)

## Maximierungsproblem

Beispiel Maximierungsproblem:

|                     |   | Produkt A | Produkt B |                             |
|---------------------|---|-----------|-----------|-----------------------------|
| Stückerlös [€]      |   | 800       | 600       |                             |
| Direkte Kosten [€]  |   | 400       | 300       |                             |
| Deckungsbeitrag [€] |   | 400       | 300       | Monatliche Kapazität [Std.] |
| Fertigungszeit      | C | 2         | 2         | 300                         |
| pro Abteilung       | D | 1         | 0         | 100                         |
| [Std./Stck.]        | E | 1         | 4         | 360                         |



## Maximierungsproblem

- Maximiere  $Z = 400 x_A + 300 x_B$ !
- Nebenbedingungen:

$$2x_A + 2x_B \leq 300$$

$$1x_A \leq 100$$

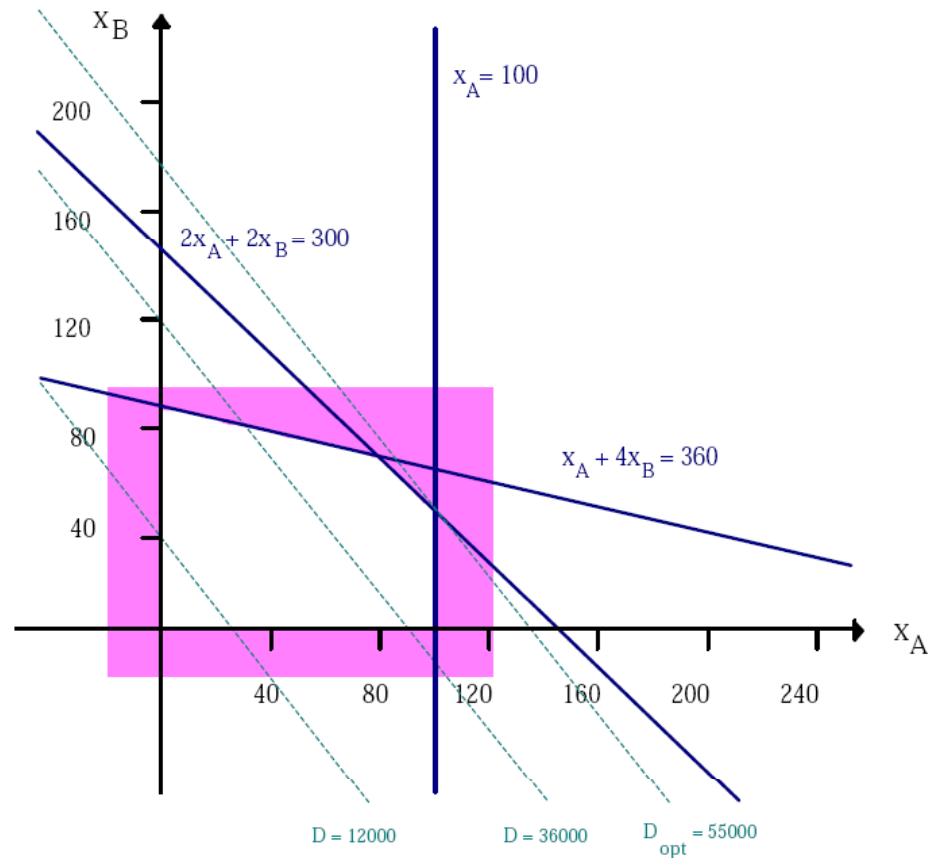
$$1x_A + 4x_B \leq 360$$

$$x_A \geq 0, x_B \geq 0$$



## Maximierungsproblem

- Grafische Lösung:



## Maximierungsproblem

- Lösung mittels Simplex-Algorithmus

Ausgangstableau:

| Tab. 0 | x1   | x2   | y1 | y2 | y3 | RS  |
|--------|------|------|----|----|----|-----|
|        | -400 | -300 | 0  | 0  | 0  | 0   |
|        | 2    | 2    | 1  | 0  | 0  | 300 |
|        | 1    | 0    | 0  | 1  | 0  | 100 |
|        | 1    | 4    | 0  | 0  | 1  | 360 |

## Maximierungsproblem

- Lösung mittels Simplex-Algorithmus

| Tab. 1 | x1 | x2   | y1 | y2  | y3 | RS    |
|--------|----|------|----|-----|----|-------|
|        | 0  | -300 | 0  | 400 | 0  | 40000 |
|        | 0  | 2    | 1  | -2  | 0  | 100   |
|        | 1  | 0    | 0  | 1   | 0  | 100   |
|        | 0  | 4    | 0  | -1  | 1  | 260   |

## Maximierungsproblem

- Lösung mittels Simplex-Algorithmus

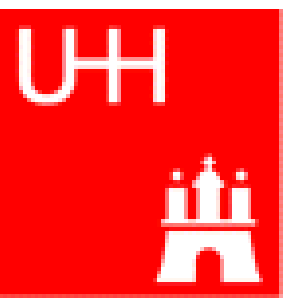
|        | BV | BV | NBV | NBV | BV |       |
|--------|----|----|-----|-----|----|-------|
| Tab. 2 | x1 | x2 | y1  | y2  | y3 | RS    |
|        | 0  | 0  | 150 | 100 | 0  | 55000 |
|        | 0  | 1  | 0.5 | -1  | 0  | 50    |
|        | 1  | 0  | 0   | 1   | 0  | 100   |
|        | 0  | 0  | -2  | 3   | 1  | 60    |

Maximale Deckungsbeitragssumme bei  $D_{\text{opt}} = 55000$  € mit den Produktionszahlen  $x_{\text{Aopt}} = 100$  und  $x_{\text{Bopt}} = 50$  Stück



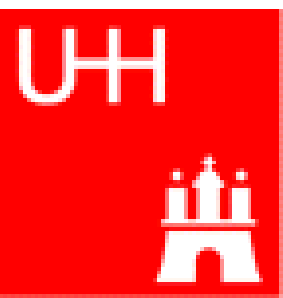
## Grundmodell der PPP

- Anwendbar bei einem geringen Planungsaufwand und einer nicht zu komplexen Planungsstruktur (Standardisierte Massenproduktion), sowie bei kleinen Entscheidungsmodellen
- Ergebnis: Kenntnis der genauen Fertigungsaufträge für Endprodukte und die Aufträge für die wichtigsten fremd gefertigten Vor- und Zwischenprodukte (Master Production Schedule)



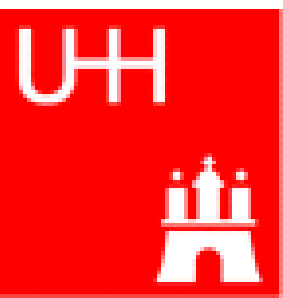
## Grundmodell der PPP

- Problematik: Auswahl eines geeigneten Prognoseverfahrens und eines sinnvoll gewählten Lösungsverfahrens (unter Beachtung ob es einen Engpass gibt oder nicht etc.)
- Nachteil: bei einer relativ großen Anzahl von Produktarten und Planperioden wird die Menge der entscheidenden Modellparameter so hoch, dass der Aufwand der Datenbeschaffung und der Datenpflege in der Praxis kaum zu beherrschen ist



## Kapazitierte Produktionsprogrammplanung

- Kapazitierte Produktionsprogrammplanung besitzt 2 Stufen:
  - Beschäftigungsglättung (aggregierte Gesamtplanung), d.h. Ausgleich der Kapazitätsbeanspruchung über das Jahr. Die mittelfristigen Überlegungen erfolgen auf aggregiertem Niveau (Produktgruppen, Monatsbasis) unter Verwendung von Nachfrageprognosen
  - Kapazitierte Hauptproduktionsprogrammplanung (master production schedule), d.h. kurzfristige detaillierte Festlegung der konkreten Produktmengen in den einzelnen Perioden (Hauptprodukte auf Wochenbasis) unter Verwendung der Vorgabe der Beschäftigungsglättung und detaillierter Nachfrageprognosen



## Beschäftigungsglättung

- Beschäftigungsglättung: Zeitliche Abstimmung der Produktions- und Nachfragemenge, etwa durch den Einsatz von Überstunden, Kurzarbeit oder Fremdvergabe
- Anwendungsbereich:
  - Serienproduktion
  - Auftragsbezogene Einzelproduktion
  - Kriterium: schwankende Nachfrage





## Beschäftigungsglättung

- Mittelfristiger Produktionsplan für Produkttypen und Gruppen von Arbeitssystemen
- Planungshorizont beträgt 6-12 Monate, Planungsintervall 1 Monat – 1 Quartal
- Aggregierte Nachfrageprognosen und aggregierte Kapazitäten werden verwendet

**Als Ergebnis der Beschäftigungsglättung erhält man die Mengen der verschiedenen Produktgruppen, die in den einzelnen Planungsperioden in den verschiedenen Produktionsstätten zu fertigen sind**



## Beschäftigungsglättung

### **Formen der zeitlichen Abstimmung von Produktions- und Nachfragemenge:**

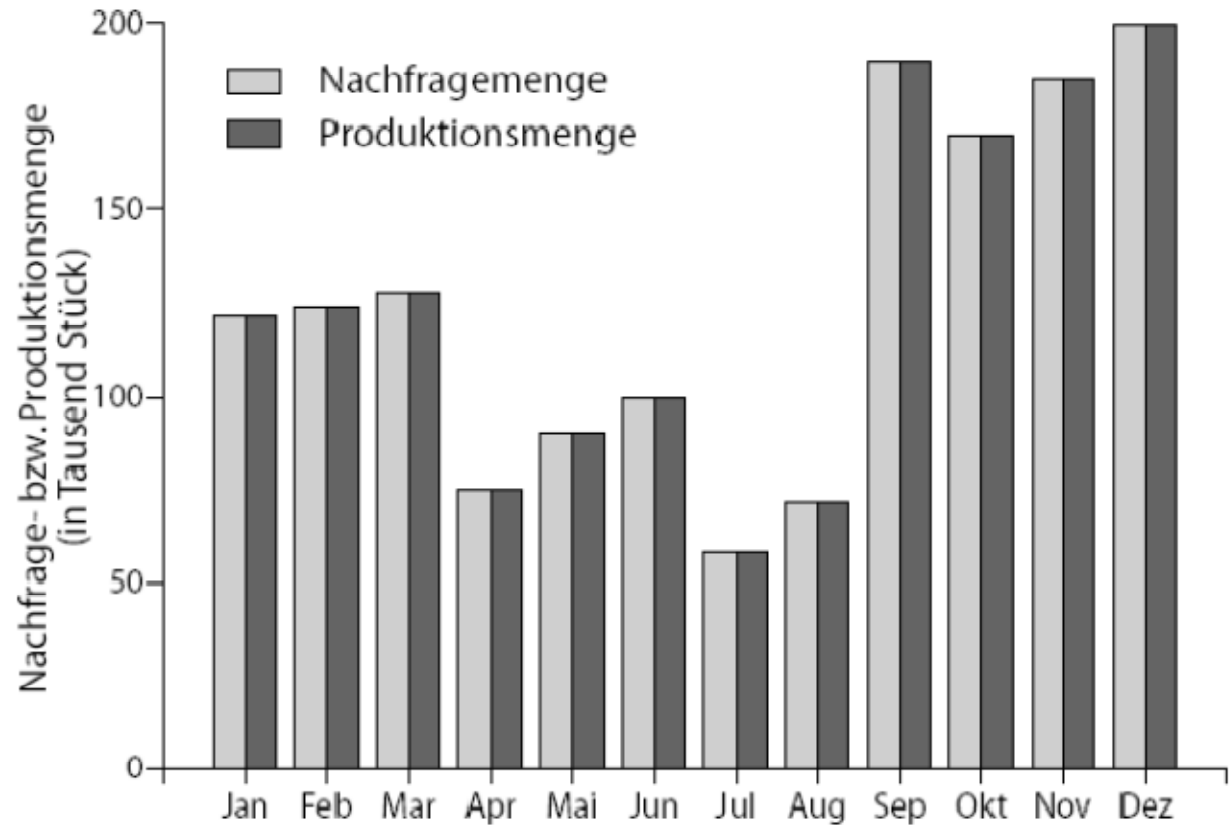
- Extremformen: Synchronisation und Emanzipation
- Ziel: Optimale Kombination von Lagerung und Überstunden



## Beschäftigungsglättung

- Synchronisation:
- Produktionsmenge = Produktionsnachfragemenge im Zeitablauf
- Erfordert ein hohes Maß an technischer und personeller Produktionskapazität bei unerwartet hoher Periodennachfrage
- Vorteile: keine Lagerkosten für die Lagerhaltung
- Nachteile: hohe Fertigungsstückkosten (Überstunden Personal)  
Produktion bei nicht kostenminimaler Intensität

## Beschäftigungsglättung

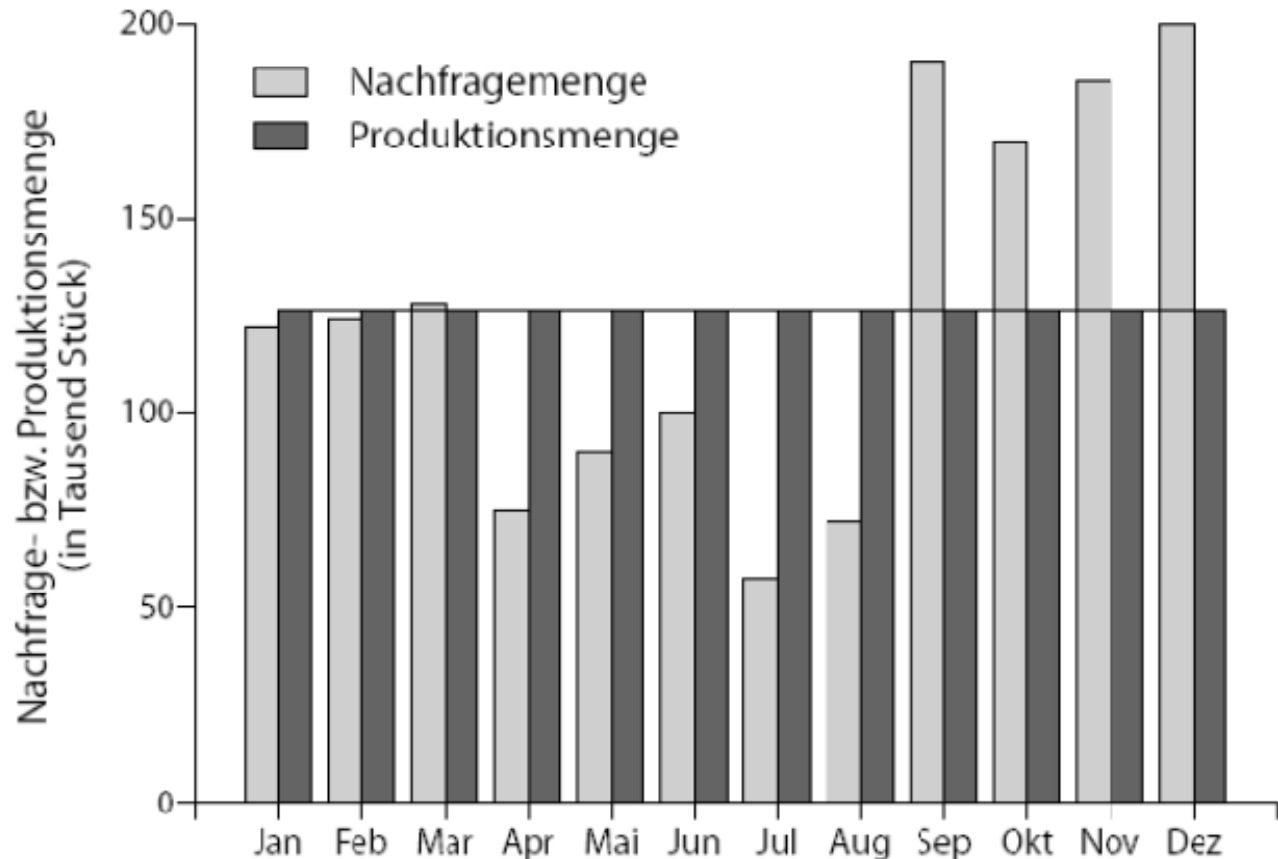




## Beschäftigungsglättung

- Emanzipation:
- Produktionsmenge bleibt im Zeitablauf konstant
- Kapazität der Produktion richtet sich nach der optimalen Intensität
- In nachfragearmen Perioden wird vorproduziert
- Vorteile: Produktion bei kostenoptimaler Intensität
- Nachteile: Lagerkosten und daraus resultierende Folgekosten sowie auftretende Fehlmengen

## Beschäftigungsglättung



## Beschäftigungsglättung

### **Formen der produktiven Abstimmung von Produktions- und Nachfragemenge:**

- Zur Vermeidung von Kapazitätsengpässen kann nicht nur vorproduziert, sondern auch Zusatzkapazität in Anspruch genommen werden
- Zusatzkapazität in Form von zusätzlichen Aggregaten, Überstunden, Zusatzschichten, Lohnaufträgen

## Beschäftigungsglättung

Modell AGGPLAN:

Zielfunktion: Minimiere 
$$Z = \sum_{k \in K} \sum_{t=1}^T l_k L_{kt} + \sum_{t=1}^T u_t U_t$$

Zielfunktion beinhaltet ein Minimierungsproblem, die Lagerkosten für Produkttyp  $k$  am Ende der Periode  $t$  sowie die Kosten der Zusatzkapazität sollen minimiert werden



## Beschäftigungsglättung

- Nebenbedingungen:

$$X_{kt} + L_{k,t-1} - L_{kt} = d_{kt}$$

$$\sum_{k \in K} b_k X_{kt} \leq C_{\max t}$$

$$\sum_{k \in K} a_k X_{kt} - U_t \leq N_{\max t}$$

$$U_t \leq U_{\max t}$$

$$X_{kt}, L_{kt}, U_t \geq 0$$

## Beschäftigungsglättung

Variable:

$L_{kt}$  Lagerbestand von k am Ende von t

$U_t$  Zusatzkapazität in t

$X_{kt}$  Produktionsmenge von k in t

Konstante:

$C_{\max t}, N_{\max t}, U_{\max t}$  Techn.-, pers.-, Zusatzkapa. in t

$a_k, b_k$  pers. Und techn. Prod.koeff.

$d_{kt}$  Nachfrage nach k in t

$u_t$  Kosten für Zusatzkapazität

$l_k$  Lagerkosten GE/(ME\*Perioden)



## Beschäftigungsglättung

- Das Modell versucht einen Ausgleich zwischen den in der Vorproduktion verursachten Lagerkosten und den während der Produktion zusätzlich anfallenden Produktionskosten, z. B. durch Mehrbeschäftigung zu schaffen
- Lösung des Modells mit Hilfe der linearen Optimierung möglich
- APS-Systeme können das Problem ebenfalls lösen



## Hauptproduktionsprogrammplanung

- Kapazitierte Hauptproduktionsprogrammplanung: Abstimmung der Produktionsplanung mit der vorhandenen Kapazität im Anschluss an die Beschäftigungsglättung sowie Anpassung der Belastung an die Kapazität bzw. umgekehrt
- Kurzfristiges Hauptproduktionsprogramm für Endprodukte
- Verwendet detaillierte Nachfrageprognosen, detaillierte Kapazitäten und aktuelle Lagerbestände
- Planungshorizont beträgt mehrere Wochen
- Ziel: Minimierung der relevanten produktions-, lager- und ressourcenabhängigen Kosten unter der Nebenbedingung der Termintreue

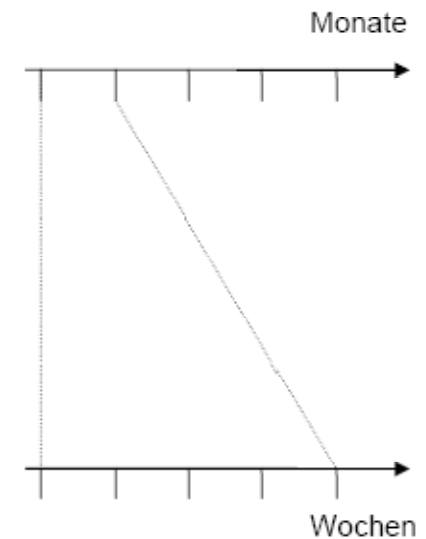
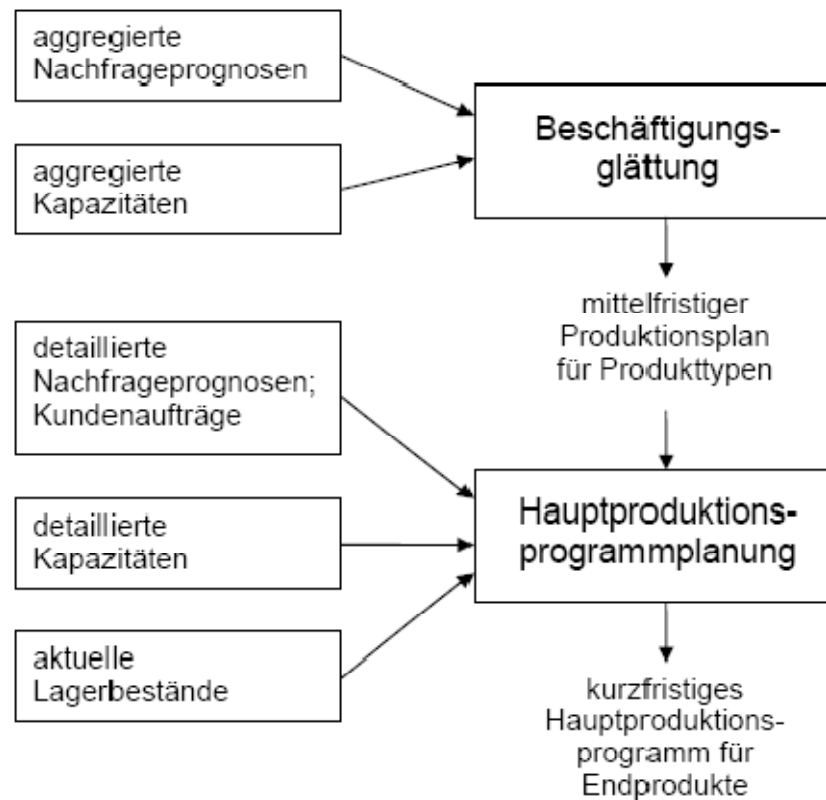


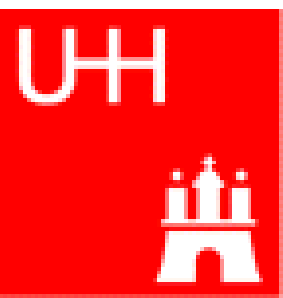
## Hauptproduktionsprogrammplanung

- Berücksichtigung knapper Kapazitäten durch Anpassung der Kapazität an die Belastung oder umgekehrt
  - Anpassung der Kapazität an die Belastung durch flexible Arbeitszeitregelungen, Überstunden oder das Heranziehen von Ersatzkapazitäten
  - Anpassung der Belastung an die Kapazität durch Auswärtsvergabe, Losverschiebung oder Losteilung

**Ergebnis der Hauptproduktionsprogrammplanung ist der MPS, in welchem die genauen Fertigungsaufträge für Endprodukte und Aufträge für die wichtigsten fremd gefertigten Vor- und Zwischenprodukte enthalten sind**

## Hauptproduktionsprogrammplanung



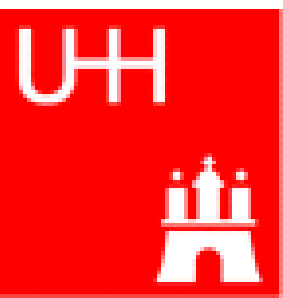


## Hauptproduktionsprogrammplanung

Modell HPPLAN:

Zielfunktion: Minimiere 
$$Z = \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K l_k L_{kt} + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J u_t U_{jt}$$

Die Zielfunktion beinhaltet die Minimierung der Lagerkosten und der Kosten der Zusatzkapazität



## Hauptproduktionsprogrammplanung

- Nebenbedingungen:

$$X_{kt} + L_{k,t-1} - L_{kt} = d_{kt}$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{z=0}^{Z_k} f_{jkz} x_{k,t+z} - U_{jt} \leq b_{jt}$$

$$U_{jt} \leq U_{\max jt}$$

$$X_{kt}, L_{kt}, U_{jt} \geq 0$$





## Hauptproduktionsprogrammplanung

Variable:

$U_{jt}$  **Genutzte Zusatzkapazität im Segment j in t**

$y_{kt}$  **Lagerbestand von Produkt k am Ende von t**

$X_{kt}$  **Produktionsmenge von k in t**

Konstante:

$b_{jt}$  **Produktionskapazität im Segment j in t**

$d_{kt}$  **Nachfrage nach k in t**

$f_{jkz}$  **Kapazitätsbelastung durch Produkt k im Segment j in Vorlaufperiode**

$h_k$  **Lagerkostensatz für Produkt k GE/(ME\*Perioden)**

$U_{\max jt}$  **maximale Zusatzkapazität im Segment j in t**

$u_t$  **Kosten für Zusatzkapazität**

## Hauptproduktionsprogrammplanung

- Zusätzlich ist ein Kapazitätsabgleich notwendig:

Vorprodukteinheit von einem Endprodukt E, welches in der Vorlaufperiode 1-ZK produziert wird, hat eine so hohe Kapazitätsbelastung, dass dadurch in der Vergangenheit Kapazitätsengpässe bei der Produktion anderer Produkte auftreten können

Kapazitätsrestriktion  $X_{A, t+1} - U_{2t} \leq b_{2t}$

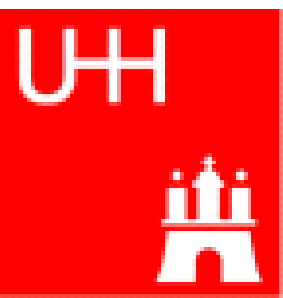
Kapazitätsbelastung von Vorprodukteinheit von E. Belastung wird der Produktion von Endprodukt A in der Periode t+1 zugerechnet.

Damit ist sichergestellt, dass sowohl Endprodukt A und E hergestellt werden können, ohne dass es zu Kapazitätsengpässen kommt



## Hauptproduktionsprogrammplanung

- Der Unterschied zum Grundmodell besteht in der Aggregation der Produktionsleistung und dem zweistufigen Verfahren
- Die linearen Optimierungsmodelle werden lediglich zur Lösung von Teilproblemen eingesetzt
- Die Zielfunktion beinhaltet nicht die Maximierung des Deckungsbeitrags, sondern die Minimierung der relevanten Produktions-, Lager- und ressourcenabhängigen Kosten unter der Nebenbedingung einer termingerechten Erreichung der Produktionsziele



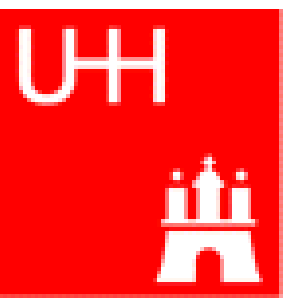
## Hauptproduktionsprogrammplanung

- Vorteile des Verfahrens:
  - Mit relativ geringem Planungsaufwand können sinnvolle Produktionspläne erstellt werden
  - Vorhandene Kapazitäten werden berücksichtigt, eventuell auftretende Engpässe werden bei der aggregierten Planung erkannt, sodass rechtzeitig Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden können



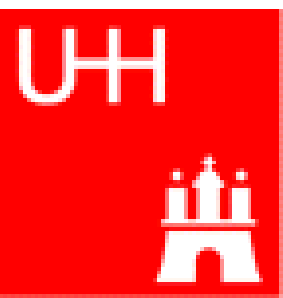
## Hauptproduktionsprogrammplanung

- Nachteile des Verfahrens:
  - Gesamte Produktionsmenge wird aus der Nachfrage abgeleitet, ohne zu prüfen, ob dies betriebswirtschaftlich sinnvoll ist
  - Keine Berücksichtigung von Opportunitätskosten
  - Ergebnis der Planung ist nicht das deckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm



## PPP in der Praxis

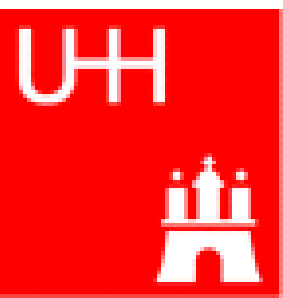
- Produktionsprogrammplanung erfolgt in klassischen PPS-Systemen häufig nach dem MRP II-Konzept
- In MRP II keine Implementierung von linearen Optimierungsmodellen
- Auftretende Abhängigkeiten zwischen Produktions- und Absatzplanung werden nicht berücksichtigt, obwohl die aggregierte Produktionsprogrammplanung gerade diese erfassen kann



## PPP in der Praxis

- Der Primärbedarf ergibt sich bei PPS-Systemen aus Nachfrageprognosen und Kundenaufträgen, ohne eine Kapazitätsprüfung durchzuführen
- Durch die Vernachlässigung der Produktionskapazitäten erzeugen PPS-Systeme praktisch nie realisierbare Produktionspläne

=> APS-Systeme als Erweiterung



## PPP in der Praxis

- APS-System ist ein kapazitätsorientiertes Planungsmodul
- Implementierung mathematischer Optimierungsverfahren
- Material und Kapazität kann zumindest teilweise simultan und gegen begrenzt verfügbare Kapazitäten synchronisiert werden





## Fazit

- Produktionsprogrammplanung ist als erster Schritt des PPS-Systems von besonderer Bedeutung, da alle anderen Teilpläne darauf aufbauen
- Zwei unterschiedliche Formen der Produktionsplanung:  
Das einfache Grundmodell für standardisierte Produkte sowie das kapazitätsorientierte Modell, welches für kundenauftragsbezogene Produkte angewandt wird
- Primärbedarf ist mit Hilfe mathematische Optimierungsverfahren zu errechnen



## Fazit

- In der Praxis bei klassischen PPS-Systemen erfolgt die Herleitung des Primärbedarfs häufig über heuristische Methoden
- APS-Systeme sind ein entscheidender Schritt zur Verbindung von Theorie und Praxis



Vielen Dank für Eure  
Aufmerksamkeit!